

---

## UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 2007/2008

April 2008

### **EEM 312 – ROBOTIK DAN PENGLIHATAN MESIN**

Masa: 3 jam

---

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi TIGA BELAS muka surat dan SATU muka surat LAMPIRAN yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Kertas soalan ini mengandungi ENAM soalan.

Jawab LIMA soalan.

Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.

Agihan markah bagi setiap soalan diberikan di sudut sebelah kanan soalan berkenaan.

Jawab semua soalan dalam bahasa Malaysia atau bahasa Inggeris atau kombinasi kedua-duanya.

1. (a) Sesuatu objek yang mempunyai permukaan berkilau diperlukan untuk pemeriksaan permukaan dengan menggunakan sistem penglihatan mesin. Cadangkan satu sistem pencahayaan dengan bantuan lakaran (termasuk sumber cahaya dan teknik pencahayaan) yang sesuai untuk sistem pemeriksaan tersebut.

*One product with shining surface is required to be inspected with a machine vision system. Suggest a suitable lighting technique (including the lighting source) with the help of sketches for the system.*

(20%)

- (b) Jelaskan teknik-teknik memproses imej yang berikut dan berikan tujuan penggunaan setiap teknik berikut.

*Explain the following image processing techniques and explain the reason of applying each technique in image processing.*

(i) peregangan histogram  
*histogram stretching*

(ii) penurasan purata  
*average filter*

(iii) penolakan imej  
*image subtraction*

(iv) pengambangan  
*Thresholding*

(40%)

- (c) Bagi imej dalam Rajah 1.1, kirakan imej-imej hasil selepas melaksanakan operasi (i) buka(open) (ii) tutup (close). Gunakan elemen struktur yang diberi.

*For image given in Figure 1.1, show the results of morphological operation of (i) open and (ii) close. Use the given structure element.*

(40%)

0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0
0	1	1	1	0	1	0
0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	1	1	1

imej



Rajah 1.1

2. (a) Terangkan perbezaan peningkatan imej dan pembaikpulihan imej ?  
*Explain the difference between image enhancement and image restoration?*

(20%)

- (b) Diberi satu histogram untuk satu imej, 16 baris \* 16 lajur dan dengan lapan nilai kelabu.

*Given the histogram below of an image, 16 rows by 16 columns and with only 8 grey-level values:*

Grey-level	0	1	2	3	4	5	6	7
No. of pixels	7	26	29	96	38	47	7	6

Laksanakan proses penyamaan histogram dan tunjukkan histogram terbaru selepas proses penyamaan histogram.

*Implement the process of histogram equalization and show the new histogram.*

(40%)

- (c) Lakaran bentuk objek 2D telah diberikan seperti pada Rajah 2.1. Anggap bahawa titik permulaan ialah titik putih pada rajah tersebut dan titik berikut adalah titik mengikut arah lawan jam. Dengan berasaskan 8 arah, tentukan:

*The drawing of the contour of a 2D object is given in Figure 2.1. Assume the starting point for the contour is the white point do on the figure and using the anticlock-wise direction for the following points. Using 8 direction code, determine:*

- (i) kod gelung  
chain code

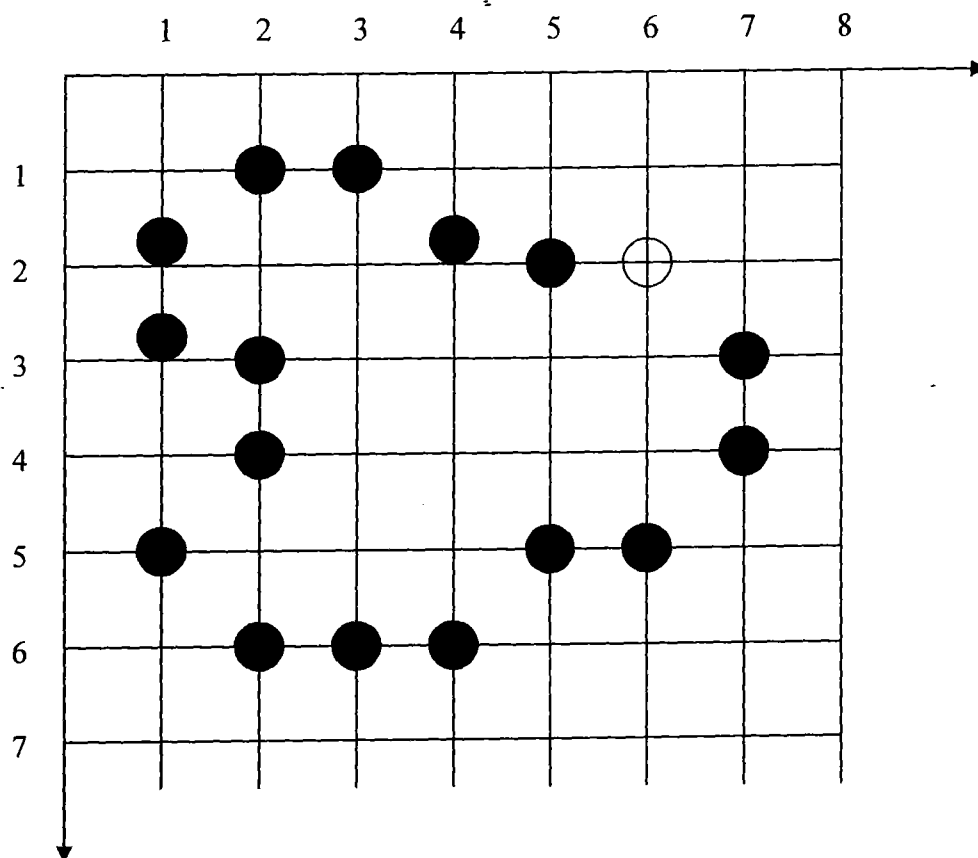
...5/-

(ii) nombor bentuk  
*shape number*

(iii) Apakah kebaikan menggunakan nombor bentuk sebagai ciri  
bentuk berbanding dengan kod gelung.

*Explain the advantages of using shape number over chain code  
as a feature to represent shape.*

(40%)



Rajah 2.1  
Figure 2.1

3. (a) Terangkan dua jenis perantaramuka kamera digit yang ada bagi sistem kamera bandingkan mereka.

*Describe at least two digital camera interfaces available for camera system and compare them.*

(20%)

- (b) Anda disuruh untuk merekabentuk satu sistem penglihatan mesin untuk memeriksa kualiti satu produk. Huraikan faktor-faktor yang penting yang perlu diambilkira semasa merekabentuk sistem penglihatan.

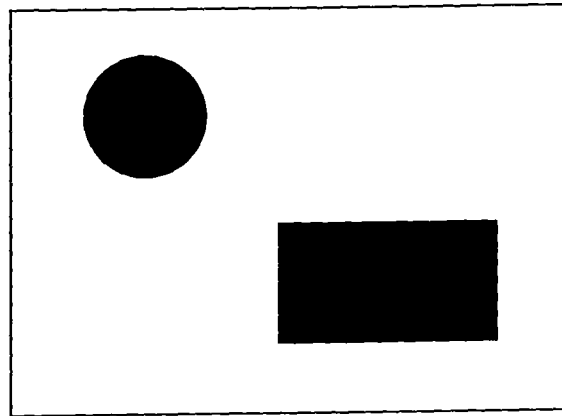
*You are given a task to design a machine vision system to inspect the quality of a product. Explain the important factors that should be considered when designing the system.*

(40%)

- (c) Diberikan satu imej binari seperti pada Rajah 3(c). Cadangkan satu kaedah dengan bantuan carta alir dan lakaran untuk mendapat luas dua objek yang berlainan dan mengelaskan objek tersebut sebagai bulat dan segiempat tepat.

*An binary image is given as shown in Figure 3(c). Suggest a method with the help of flowchart and sketches to determine the area of the two objects and to classify the objects as circle or rectangle.*

(40%)



Rajah 3(c)  
Figure 3(c)

4. (a) Berikan definisi Analisa Kinematik dan huraikan kepentingan parameter-parameter Denavit-Hartenberg (DH) bagi analisa kinematic sebuah lengan robot.

*Give the definition of Kinematic Analysis and describe the importance of Denavit-Hartenberg (DH)-parameters in the kinematic analysis of a robotic manipulator.*

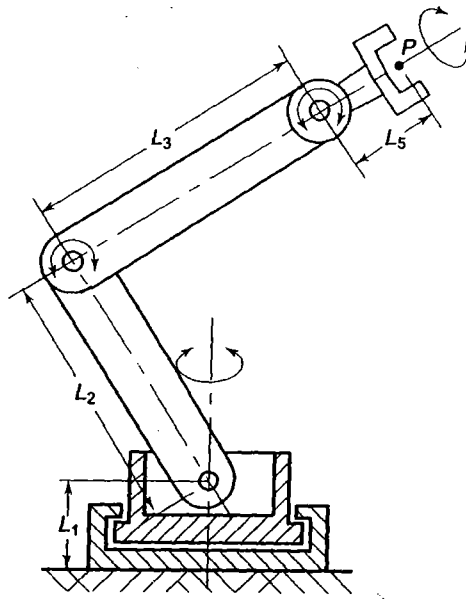
(15%)

- (b) Terbitkan matriks penjelmaan homogen  ${}^0T_5$  bagi lengan robot 5 DOF yang ditunjukkan oleh Rajah 4(b). Sila tentukan juga matriks  $T_{home}$  yang sesuai.

*Derive the  ${}^0T_5$  homogenous transformation matrix for the 5 DOF robot manipulator given in Figure 4(b). Please also state the matrix for  $T_{home}$ .*

(45%)

...8/-



Rajah 4(b)

Figure 4(b)

- (c) Bagi lengan robot 2DOF yang diberi oleh Rajah 4(c), tentukan penyelesaian bagi semua perubahan sendi  $q$  untuk kedudukan dan orientasi titik alat yang tertentu.

(Nota: perlu lakukan analisa kinematik songsang)

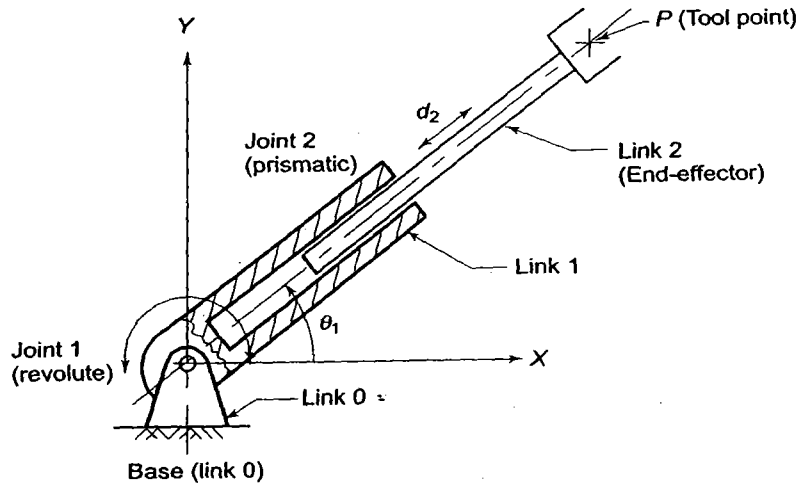
*For the 2DOF manipulator given in Figure 4(c), determine the solution for all joint displacements  $q$  for a given tool point position and orientation.*

*(Hint: need to do an inverse kinematic analysis)*

(40%)

...9/-





Rajah 4(c)

Figure 4(c)

5. (a) Huraikan apakah yang dimaksudkan dengan Matriks Jacobian, dan bagaimanakah keadaan *singular* boleh berlaku?

*Define what is meant by Jacobian Matrix, and what is the condition for singularity to occur?*

(15%)

- (b) Tentukan matriks Jakobian bagi lengan robot jenis 3 DOF yang diberikan di dalam Rajah 5(b). Jadual 1 menunjukkan nilai-nilai parameter DH bagi lengan robot tersebut.

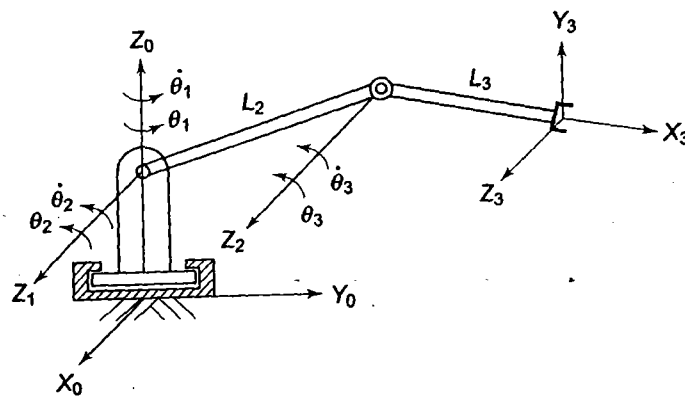
*Determine the Jacobian matrix for the 3 DOF articulated robotic arm given in Figure 5(b). Table 1 shows the DH parameter values for the respective robotic arm.*

(50%)

... 10/-

Jadual 1  
Table 1

Joint $i$	$a_i$	$\alpha_i$	$d_i$	$\theta_i$
1	0	$90^\circ$	0	$\Theta_1$
2	$L_2$	0	0	$\Theta_2$
3	$L_3$	0	0	$\Theta_3$



Rajah 5(b)  
Figure 5(b)

- (c) Tentukan trajektori bagi satu kitar ambil dan letak, yang perlu melalui tiga titik laluan menggunakan interpolasi trajektori secara *piecewise-linear*, dengan gabungan parabolik bagi setiap segmen. Titik-titik laluan adalah  $[0^\circ \ 10^\circ \ 45^\circ \ 30^\circ \ 5^\circ]$  dan tempoh perjalanan bagi semua segmen adalah  $[0.5 \ 1.5 \ 2.0 \ 1.0]$  saat. Sila andaikan pecutan adalah tetap dengan nilai  $25 \text{ deg/s}^2$  untuk semua segmen.

*Determine the trajectory for a pick-n-place cycle, which has to pass through three via points using piecewise-linear trajectory interpolation with parabolic blends for each segment. The path points are  $[0^\circ \ 10^\circ \ 45^\circ \ 30^\circ \ 5^\circ]$  and the travel times for the segments are  $[0.5 \ 1.5 \ 2.0 \ 1.0]$  seconds respectively. Assume that the acceleration is constant at  $25 \text{ deg/s}^2$  in each segment.*

(35%)

6. (a) Berikan definisi analisa dinamik dan kepentingannya dalam analisa lengan robot.

*Give the definition of dynamic analysis and its importance in robotic arm analysis.*

(10%)

- (b) Tentukan model dinamik bagi lengan robot jenis planar 1-paksi dan 1-DOF, dengan sendi jenis pusingan (pendulum songsang). Anggap penyambung sendi itu adalah silinder nipis dengan panjang  $L$  dan jisim  $m$  yang bertindak pada centroid penyambung. Dapatkan penyelesaian langsung dan penyelesaian menggunakan formulasi Lagrange-Euler dan bandingkan kedua-duanya.

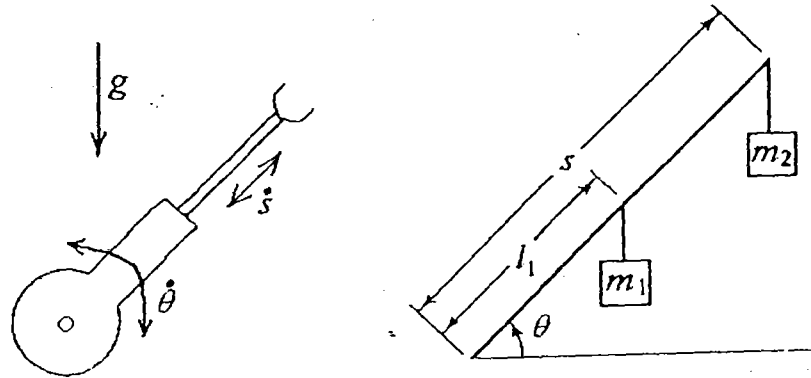
*Determine the dynamic model of a 1-DOF, 1-axis planar manipulator with one rotary joint (the inverted pendulum). Assume the link to be a thin cylinder with length  $L$  and mass  $m$  acting at the centroid of the link. Obtain the direct solution and solution using Lagrange-Euler formulation and compare the two.*

(30%)

- (c) Rajah 6(c) menunjukkan satu lengan robot 2 DOF satu planar. Dengan menggunakan kaedah terus Lagrange-Euler (LE), sila dapatkan persamaan pergerakan untuk lengan robot ini. Analisa dinamik ini akan mengabaikan kesan geseran setiap sendi.

*Figure 6(c) shows a 2 DOF single plane arm robot. With the use of direct Lagrange-Euler (LE) method, derive the equation of motion for the robotic arm. This dynamic analysis will ignore the effect of friction on the joints.*

(60%)



Rajah 6(c)  
Figure (c)

ooo0ooo

## TRIGONOMETRIC IDENTITIES

Some trigonometric identities useful in robotic modeling are summarized below.

$$\sin(-\theta) = -\sin \theta$$

$$\cos(-\theta) = \cos \theta$$

$$\tan(-\theta) = -\tan \theta$$

$$\cos(\theta - 90^\circ) = -\cos(\theta + 90^\circ) = \sin \theta$$

$$\sin(\theta - 90^\circ) = -\sin(\theta + 90^\circ) = -\cos \theta$$

$$\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$$

$$\cos(\theta_1 + \theta_2) = \cos \theta_1 \cos \theta_2 - \sin \theta_1 \sin \theta_2 = C_1 C_2 - S_1 S_2 = C_{12}$$

$$\cos(\theta_1 - \theta_2) = \cos \theta_1 \cos \theta_2 + \sin \theta_1 \sin \theta_2 = C_1 C_2 + S_1 S_2$$

$$\sin(\theta_1 + \theta_2) = \sin \theta_1 \cos \theta_2 + \cos \theta_1 \sin \theta_2 = S_1 C_2 + C_1 S_2 = S_{12}$$

$$\sin(\theta_1 - \theta_2) = \sin \theta_1 \cos \theta_2 - \cos \theta_1 \sin \theta_2 = S_1 C_2 - C_1 S_2$$

$$\begin{aligned} \cos[(\theta_1 - \theta_2) - \theta_3] &= \cos(\theta_1 - \theta_2) \cos \theta_3 + \sin(\theta_1 - \theta_2) \sin \theta_3 \\ &= (C_1 C_2 + S_1 S_2) C_3 + (S_1 C_2 - C_1 S_2) S_3 \\ &= C_1 C_2 C_3 + S_1 S_2 C_3 + S_1 C_2 S_3 - C_1 S_2 S_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin[(\theta_1 - \theta_2) - \theta_3] &= \sin(\theta_1 - \theta_2) \cos \theta_3 - \cos(\theta_1 - \theta_2) \sin \theta_3 \\ &= (S_1 C_2 - C_1 S_2) C_3 - (C_1 C_2 + S_1 S_2) S_3 \\ &= S_1 C_2 C_3 - C_1 S_2 C_3 - C_1 C_2 S_3 - S_1 S_2 S_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos[(\theta_1 + \theta_2) - \theta_3] &= \cos(\theta_1 + \theta_2) \cos \theta_3 + \sin(\theta_1 + \theta_2) \sin \theta_3 \\ &= (C_1 C_2 - S_1 S_2) C_3 + (S_1 C_2 + C_1 S_2) S_3 \\ &= C_1 C_2 C_3 - S_1 S_2 C_3 + S_1 C_2 S_3 + C_1 S_2 S_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin[(\theta_1 + \theta_2) - \theta_3] &= \sin(\theta_1 + \theta_2) \cos \theta_3 - \cos(\theta_1 + \theta_2) \sin \theta_3 \\ &= (S_1 C_2 + C_1 S_2) C_3 - (C_1 C_2 - S_1 S_2) S_3 \\ &= S_1 C_2 C_3 + C_1 S_2 C_3 - C_1 C_2 S_3 + S_1 S_2 S_3 \end{aligned}$$

$$\cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) = C_1 C_2 C_3 - S_1 S_2 C_3 - S_1 C_2 S_3 - C_1 S_2 S_3$$

$$\sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) = S_1 C_2 C_3 + C_1 S_2 C_3 + C_1 C_2 S_3 - S_1 S_2 S_3$$

$$\frac{\partial \sin \theta}{\partial \theta} = \cos \theta \quad \text{or} \quad \frac{\partial S \theta}{\partial \theta} = C \theta \quad \text{or} \quad \frac{\partial S}{\partial \theta} = C$$

$$J_i(q) = \begin{bmatrix} J_{vi} \\ J_{\omega} \end{bmatrix} = \begin{cases} \begin{bmatrix} P_{i-1} \\ 0 \end{bmatrix} & \text{for a prismatic joint} \\ \begin{bmatrix} P_{i-1} \times {}^{i-1}P_n \\ P_{i-1} \end{bmatrix} & \text{for a revolute joint} \end{cases}$$

$${}^{i-1}P_n = {}^0P_n - {}^0P_{i-1}$$

$${}^{i-1}P_n = [{}^0T_1(q_1) \dots {}^{n-1}T_n(q_n) O_n] - [{}^0T_1(q_1) \dots {}^{i-2}T_{i-1}(q_{i-1}) O_n]$$

$${}^{i-1}P_n = {}^0T_n O_n - {}^0T_{i-1} O_n$$

$${}^{i-1}T_i = \begin{bmatrix} C\theta_i & -S\theta_i C\alpha_i & S\theta_i S\alpha_i & a_i C\theta_i \\ S\theta_i & C\theta_i C\alpha_i & -C\theta_i S\alpha_i & a_i S\theta_i \\ 0 & S\alpha_i & C\alpha_i & d_i \\ \hline 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$